독립형 에너지 하우스 전력시스템에서의 BIPV용 Optimizer에 대한 연구

조영찬, 신덕식
전자부품연구원

A Study on Optimizer for Building Integrated Photovoltaic System of Energy Independent House

Young-Chan Cho, Duck-Shick Shin
Korea Electronics Technology Institute

ABSTRACT

본 논문은 태양광 기반의 '독립형 에너지 하우스'의 전체 전력 시스템과 태양광 외장재 모듈의 에너지를 효율적으로 최대 수급하기 위한 BIPV(Building Integrated PV)용 Optimizer의 개발에 대해 기술한다.

1. 서 론

지구 온난화와 화석원료의 고갈 등 환경 문제에 대안으로 신재생 에너지의 하나인 태양광을 이용한 발전 시스템은 비교적 낮은 비용으로 쉽게 구현이 가능한 장점으로 그 이용이 꾸준하게 증가되어 왔었다. 또한, 최근 전 세계적인 재난 및 재해 증가로 인해 이재민을 위한 임시주거시설에 태양광 발전시스템을 차용하여 완전한 에너지 자립이 가능한 '독립형 에너지 하우스'를 개발하고 하는 움직임이 활발히 진행되고 있는 추세에서 건물의 건축자재에 태양에너지를 수급할 수 있는 '건물통합형 태양광 발전시스템 (BIPV : Building Integrated PV)'을 적용하여 태양 에너지 수급을 최대한으로 끌어올리고자하는 시도들이 이루어지고 있다. 이러한 태양광 기반 모듈에 대한 에너지를 효율적으로 수급하기 위해서는 전력변환기가 필요한데, 기존에 주로 사용해왔던 중앙집중형 인버터 및 컨버터 시스템은 일사량과 환경변화로 인한 모듈 간 또는 어레이 간 미스매치가 발생 하였을 때, 발전량이 하향평준화 되는 문제점이 발생한다[1]. 더욱이, BIPV에서의 일사량 조건은 기존의 마운트 형태의 태양광에 비교하여 건축자재의 특성상 악조건일 것으로 예상된다. 따라서 모듈별 독립적으로 전력변환기를 탑재하여 미스매치의 단점을 극복한 마이크로인버터 혹은 Optimizer를 차용하고 있다[1][2]. 본 논문에서는 태양광 단열재 모듈에 Optimizer를 채택한 시스템 연구에 대해 서술하고자 한다.

2. 독립형 에너지 하우스

2.1 독립형 하우스 에너지 전력 시스템

독립 형 에너지 하우스는 그림1과 같이 최대 3kW의 부하를 공급할 수 있도록 설계하였다. 500V DC버스에 6kW급 배터리 연계 ESS와 총 3kW의 PV패널과 BIPV의 최대 전력 수급을 위한 DC-DC 컨버터와 DC버스의 전압을 상용 AC 220V로 변환해주는 3kW급 단상 인버터가 연계되도록 전력시스템을 구성하였다. 배터리의 SOC(State of Charge)에 따라 90% 이상일 때는 MPPT 지령을 수동으로 낮추고, 10~90% 정상 동작 10% 이하일 때는 시스템에 절전 경고 및 부하 일시적 차단을 할 수 있도록 제어 시스템을 구성 하였다.

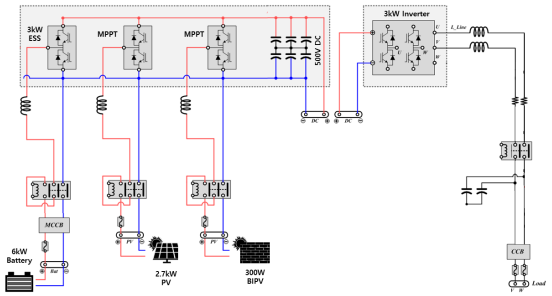

그림 1 에너지 독립형 하우스의 전체 전력 시스템
Fig. 1 Power system of energy independent house

2.2 태양광 외장재 모듈

현재 개발된 태양광 외장재 모듈의 경우 그림2와 같이 건축자재에 태양광 모듈이 매립된 형태로 600mm*900mm사이즈 모듈 기준 출력이 최대 80W정도 된다. 지붕에 일정하게 얹어지는 태양광 모듈과는 달리 외장재 모듈의 경우 벽면의 위치에 따라 일사량 조건이 크게 달라지므로 외장재 모듈을 직접 직병렬을 하여 시스템을 구성하기보다는 Optimizer를 모듈별로 탑재하여 에너지를 수급하는 형태가 더 유리하다.

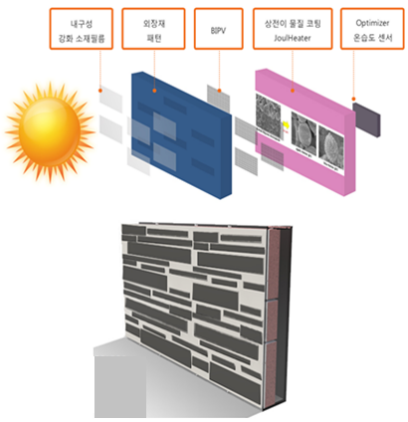

그림 2 태양광 복합 단열재 모듈의 구조
Fig. 2 Structure of photovoltaic complex insulation module

2.3 BIPV전력 시스템

그림3은 전체 시스템 중 BIPV연계 전력시스템에 관한 부분

이다. 2.2장에서 언급한대로 태양광 외장재 모듈의 최대 에너지 수급을 위하여 모듈 마다 Optimizer로 에너지 수급을 하고 Optimizer출력의 직병렬을 통하여 DC버스의 충분한 전압레벨을 만들도록 시스템을 구성 하였다. Optimizer출력 혹은 직렬 회로의 상단부에 Bypass Diode를 통해 일사량 감소 및 부분적인 차양 효과로 인해 해당 Optimizer의 출력 노드는 Diode를 통하여 전류가 Bypass되도록 하였다.

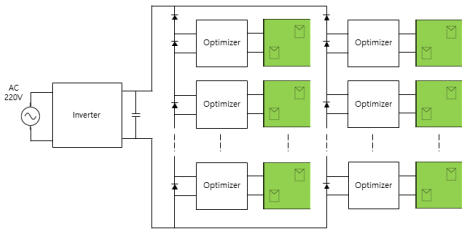

그림 3 에너지 독립형 하우스의 BIPV연계 전력 시스템
Fig. 3 BIPV tied power system of energy independent house

2.4 BIPV를 위한 PV Optimizer

PV Optimizer의 Topology는 Boost 혹은 Buck-Boost Converter를 보통 채용하는데, 본 논문에서는 그림4와 같은 Boost Converter방식을 선정하였다[3]. 이유는 태양광 단열재의 V_{oc}전압은 최대 22V이므로 DC버스의 레벨과 비교하였을 때 오로지 승압 동작만 필요하기 때문이다. MPPT 알고리즘은 구현이 비교적 간단한 P&O방식을 이용하였고 5ms마다 전압지령 변화를 수행하도록 하였다[4].

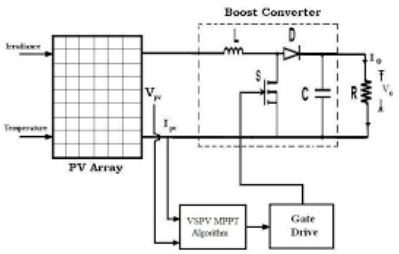

그림 4 Boost Converter 기반 PV Optimizer
Fig. 4 Boost Converter Based PV Optimizer

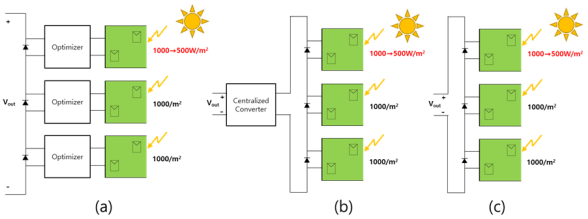

그림 5 시뮬레이션 환경과 일사량 조건
Fig. 5 Simulation Configuration and Condition of Radiation

3. 시뮬레이션 검증

PV Optimizer의 성능 검증을 위해 그림5와 같이 3가지 조건의 시뮬레이션 환경을 구성 하였다. 시뮬레이션은 PSIM을 사용하였고 PV성능은 실재 개발한 단열재의 특성을 최대한 반영하여 시뮬레이션을 진행 하였다. 3개의 PV외장재 중 하나 모듈의 일사량만을 최대 일사량에서 50% 가변 조건을 부여 하여 Optimizer를 채용(a), 일반적인 중앙 집중형 Converter채용(b), 별도 전력변환기 없는 경우(c) 총 3가지 케이스에 대한 비교 시뮬레이션을 수행하였다. 그 결과 그림6과 같이 제안한 Optimizer를 채용한 경우(a) 1번 모듈의 일사량 변화 조건에도 전력수급에 대한 하향평준화 없이 98% 이상의 최대 전력을 수급함을 확인할 수 있었다. 한편, 대조군으로 설정한 중앙 집중형 컨버터를 채용한 경우(b), 아무런 전력변환기도 채용하지 않은 경우(c)는 동일 일사량 조건에서 모듈 간 미스매치로 발전량의 하향평준화 문제점이 발생하므로 Optimizer채용이 최적의 방법임을 시뮬레이션 결과를 통해 확인 하였다.

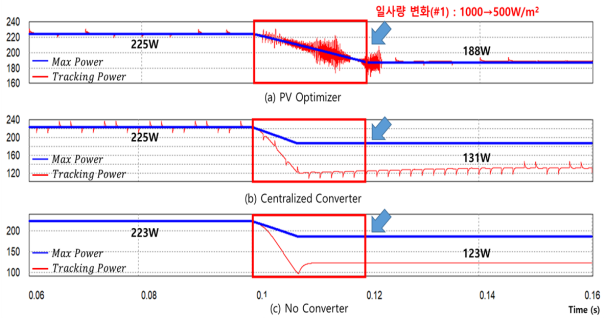

그림 6 일사량 변화에 따른 3대의 PV외장재 에너지 수급에 대한 각 케이스별 시뮬레이션 결과
Fig. 6 Simulation results of PV energy acquisition for PV module under variant radiation

4. 결 론

본 논문에서는 '독립형 에너지 하우스'의 태양광 외장재 모듈의 에너지 최대 효율 수급을 위한 PV Optimizer의 개발에 대해 서술 하였고 일부 모듈의 일사량 변화에도 최대전력을 수급 가능한 성능을 시뮬레이션을 통하여 검증 하였다. '독립형 에너지 하우스'의 경우 작은 규모로 인한 소량의 에너지 수급 가능하지만, 향후에 빌딩과 같은 대형 건축물에는 건축 자재를 이용한 비교적 큰 에너지 수급이 가능하다. 따라서 향후 이에 맞는 PV Optimizer에 대한 개발이 확대 될 것으로 예상된다.

이 논문은 중소벤처기업부와 한국산업기술진흥원이 지원하는 지역산업육성사업(P0002875)으로 수행한 연구결과임.

참 고 문 헌

[1] 조경호. "태양광 발전용 마이크로컨버터 기술." 전력전자학회지, 20.3 (2015.6): 39-43.

[2] G. R. Walker and J. C. Pierce, "Photovoltaic DC-DC module integrated converter for novel cascaded and bypass grid connection topologies – Design and optimization," 2006 37th IEEE Power Electronics Specialists Conference, Jeju, 2006, pp. 1-7.

[3] 이영달, 이희서, 이은주, 신승민, 이병국, 이태원. "태양광발전 시스템용 DC Optimizer 회로 비교 분석." 전력전자학술대회논문집, (2011.11): 277-278.

[4] N. Fernia, G. Petrone, G. Spagnuolo, andM. Vitelli, "Optimization of perturb and observe maximum power point tracking method," IEEE Trans. Power Electron., vol. 20, no. 4, pp. 963 - 973, Jul. 2005.